

践行“绿色低碳理念”提高海上设施主机电力系统稳定性研究及应用

庞玉超 韩长威 靳献伟 王维

中海石油（中国）有限公司深圳分公司陆丰油田作业公司

DOI:10.12238/jpm.v6i8.8326

[摘要] 作为陆丰油田首个生产平台的陆丰 13-1 平台于 1993 年投产。随着油田的持续开发,陆丰 13-1 油田为代表的老油田进入“双特高”阶段,日产量低、含水率高、储采比低,内部挖潜难度非常大。通过实践,摸索系统耗能和设备规律,制定了三个优化方向,包括电网系统稳定性提升、设备可靠性提升、负载优化三个方面,进行“全员、全方位、全流程”管理创新,不断优化系统流程,细化提质增效任务。

[关键词] 主机电力系统; 高压油泵; 主机燃油系统; 负载优化; 设备改造;

Research and application of implementing the "green and low-carbon concept" to improve the stability of the power system of offshore facility hosts

Pang Yuchao Han Changwei Jin Xianwei Wang Wei

CNOOC (China) Limited Shenzhen Branch Lufeng Oilfield Operation Company

[Abstract] As the first production platform of Lufeng Oilfield, Lufeng 13-1 platform was put into operation in 1993. With the continuous development of oil fields, the old oil fields represented by Lufeng 13-1 oil field have entered the "double high" stage, with low daily production, high water content, and low reserve production ratio, making it very difficult to tap the potential internally.

Through practice, we have explored the energy consumption and equipment rules of the system, and formulated three optimization directions, including improving the stability of the power grid system, enhancing equipment reliability, and optimizing loads. We have carried out innovative management of "all staff, all aspects, and all processes", continuously optimizing system processes, and refining tasks to improve quality and efficiency.

[Key words] host power system; High pressure oil pump; Main engine fuel system; Load optimization; Equipment renovation;

一、践行“绿色低碳理念”提高海上设施主机电力系统稳定性、研究及应用背景

陆丰 13-1 平台优化生产模式以前,正常生产负荷稳定在 4000KW 左右,短时功率可达 4200KW。在此工况下,需 4 台原油发电机运行,此时单机功率约 1050KW,负荷率 70%。为控制经营成本,在设备设施管理方面,从能量系统分析入手,通过实践,摸索系统耗能和设备规律,制定了三个优化方向,包括电力系统稳定性提升、设备可靠性提升、负载优化三个方面。

二、海上油田设施主机电力系统稳定性、可靠性主

要举措

(一) 原油发电机组运行稳定性提升

陆丰 13-1 平台从底层创新角度出发,在主机稳定性、电网稳定性、用户端负荷优化三方面进行创新优化,提升电力系统的稳定性。

1、主机高压油泵频繁卡滞综合治理

陆丰 13-1 平台配备 4 台日本大发柴油机,功率为 1800KW,型号为 6DK-28,由于柴油机频繁出现高压油泵卡滞导致的缺缸故障,运行极不稳定,出现缺缸故障时,柴油机遇异常震动,尖锐金属撞击声,功率频率摆动大,电网参数波动大。如下图

所示:

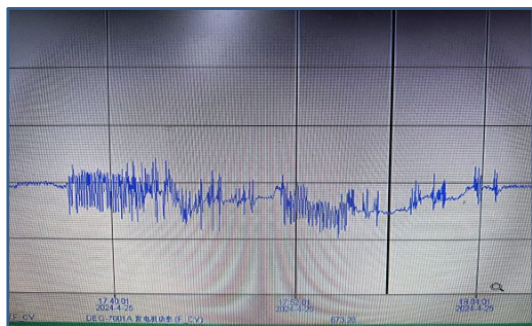


图1 发电机功率波动曲线

班组判断, 由于涂层的形成, 导致柱塞与套筒间隙减小, 从而危及柱塞运动。

采取措施:

1) 降低燃油温度提高燃油粘度, 将原油温度由 78 摄氏度降低至 64 摄氏度, 原油粘度由 9.0 增加至 13.0;

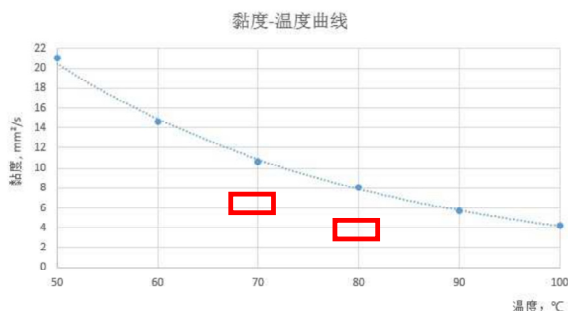


图2 燃油粘温曲线

2) 对主机负荷进行高低切换, 避免长时间小区间负荷运行;

3) 巡检增加对高压油泵润滑推动;

通过以上措施, 主机高压油泵卡滞率明显降低, 班组统计采取措施前后, 一个月内高压油泵卡滞次数, 由一个月卡滞 32 次降低至 2 次, 卡滞次数下降幅度达 94%。

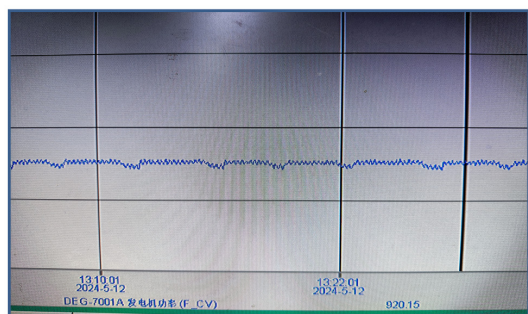


图3 主机正常功率曲线

(二) 主机燃油系统稳定性提升

1、燃油系统滤器优化清洗频次

班组将主机燃油系统滤器清洗频次提高至每月一次, 保证燃油滤器处于正常清洁状态。

2、机带燃油泵选型优化

班组通过优化选型, 使用轴承间距更大的轴封, 提高轴承使用寿命和稳定性。

(三) 应急能力提升

1、主机管理提升行动方案

班组起草制定了主机管理提升行动方案, 涵盖日常巡检、PM、设备检维修、交接班、SOP 等方面的制度化管理, 从基础管理提升促进主机稳定运行。

2、机械动力岗应急操作手册

制定机械动力岗应急操作手册, 梳理岗位应急处理场景, 模拟机械设备突发故障处理, 并进行实操演练, 提升岗位员工应急处理能力。

三、电网稳定性可靠性提升

(一) 电力系统继电保护装置升级改造

现场选用巴斯勒 BE-11t 型综保, 对 2 台电力变压器、4 台原发电机进行继电保护数字化升级改造, 实现运行参数的精确可视、远程通讯、数据记录等, 全面加强关键电气设备运行情况的监控, 为电网的数字化管理提供硬件基础。



图4 综保改造前



图5 综保改造后

现场发挥专业技能特长, 将自检自修辐射至设备升级改造项目上, 在原设备基础上进行自主设计、施工改造, 实现了快速、降本和技能突破, 直接经济效益超 20 万元。

(二) 谐波专项治理

现场组织开展电潜泵变频器直流电容、井口滤波器高压交流电容国产化更新, 通过国产化迭代, 更新技术落后的老旧电容, 如图 4 所示。有效降低电网谐波, 减小谐波对设备、电缆的绝缘损坏。

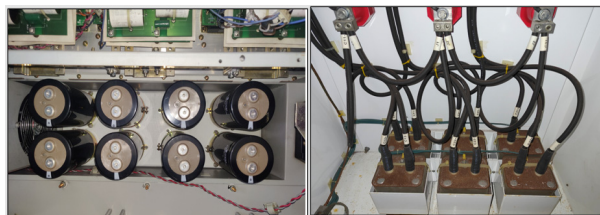


图6 国产化升级后的直流滤波电容(左)和高压交流电容(右)

如图 5 所示, 谐波治理前, 谐波电压畸变率 (THDU) 普遍高于 CCS 标准 (8%以内)。

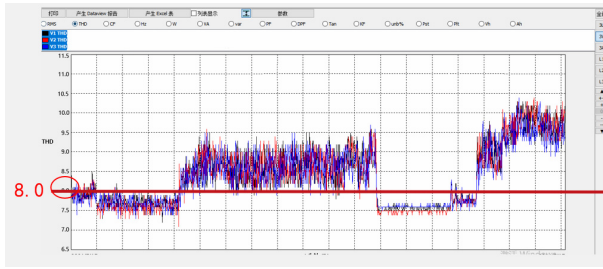


图7 谐波治理前的电压畸变率

通过对8台次电潜泵变频器直流滤波电容（共计64个）、12台次井口过滤器交流高压电容（共计72个）的国产化升级，电网谐波得以有效抑制。如图6所示，治理后，谐波电压畸变率（THDU）稳定维持在5%以下。

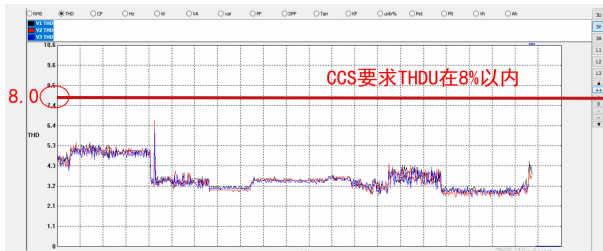


图8 谐波治理后的电压畸变率

国产化升级后的滤波电容运行温升控制良好，滤波效果显著。同时，国产后的电容成本低、供货稳定，直接经济效益超40万元。

（三）大功率设备软启动改造

改造工作主要依托原配电柜，即利用原配电柜内位置空间，将软启动器安装至配电柜内，如图9所示。主要工作包括：电路设计、盘柜内部改造、柜门散热改造、测试及试运行。

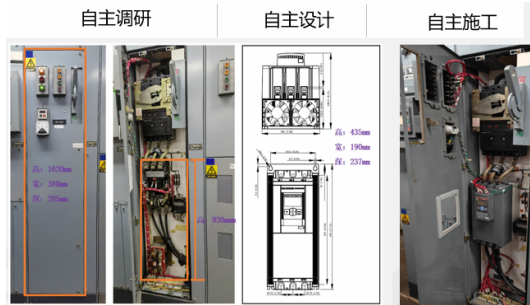


图9 大功率设备软启动改造对比

表2 陆丰13-1平台系统设备功率优化对标表

陆丰13-1平台系统设备功率优化对标表				
主要设备/系统	优化前		优化后	
类型	功率	数量	功率	数量
生产水泵	460KW	2台	300KW	1台
海水泵	280KW	2台	140KW	1台
空调压缩机	460KW	12台	400KW	10台
造水机	98KW	2台	49KW	1台
空压机	320KW	2台	160KW	1台
照明系统	40KW	288盏	15KW	222盏
电伴热	95KW	160回路	35KW	70回路
电潜泵变频器（油井降频）	850KW	6口高含水井	750KW	6口高含水井
总计	2603KW		1849KW	

四、用户端负载优化

（一）生产系统优化

通过优化工艺流程，实现两套生产水处理系统运转减少为一套水处理系统运转，降低负荷160KW。

（二）中央空调改造与优化

定期清洗冷凝器的翅片，清洗掉翅片灰尘、污垢后可提升冷凝器的工作效率；增加冷凝器淡水喷淋装置，增加了该喷淋装置后，可以明显降低了制冷剂的冷凝温度，使制冷剂得到了充分的冷却，通过上述两种方式可以提高冷凝器的工作效率。

（三）照明系统改造与优化

将原来使用的老旧荧光灯管更换为LED节能灯灯管，更换后灯具亮度更高、故障率更低，每根灯管功率仅为16W，这样可以降低17KW负荷。

（四）空压机升级改造

2023年对旧型号空压机升级改造。新空压机采用英格索兰RS160ie系列，单台空压机产气量约为27.5m³/min，功率约为160kw。改造以后，仅需一台空压机即可满足平台用气需求。可节约电网负荷160KW。

（五）造水机升级改造

为提升造水机反渗透膜工作效率，对其中一台造水机的反渗透膜进行了国产化改造，改造完成后，造水机工作效率提升明显。

（六）海水提升泵升级改造

平台更换了160kw的海水提升泵，经过改造以后，一台海水提升泵即可满足平台海水使用量，节约电网负荷140KW。

（七）生活淡水加热系统改造

安装E-2100节能设备，减少或者避免较大功率的电加热器对平台电力的消耗。

表1 设备数据统计表

锅炉/设备	数量	每台消耗功率	消耗总功率（）0(KW)
锅炉电动解热	3	50KW	150KW

如上述设备数据统计表2所示。节约了电能，达到了节能减排的目的。

（八）发电机增加控制室远程启停功能

可以通过铺设电缆，在机控室增加按钮装置，将启停开关回路上再并出一路触点信号，可以将该功能延伸至机控室，实现发电机在机控室的远程启停功能。

总计优化平台生产负荷 754KW，平台发电机运行负荷降至 3500KW 及以下，单台原油发电机负荷率提升到 76%，实现了发电机“4 用 0 备”到“3 用 1 备”。

五、项目实施后经济性分析

（一）直接经济效益

单台发电机组每 12000 小时进行大修，每次大修费用及日常维保费用共计 260 万元(如下表 3)。实施此项目后，全年主机“3 用 1 备”运行天数共计 200 天；节约发电机大修及日常维保费用折合后为 143.5 万元。

表 3 主机维保费用表

项目名称	费用明细	费用（万）
单台主机大修	备件费	120
	海上大修人员服务费	30
	主要部件维修服务费	30
单台主机常维保	备件材料费、主机滑油	30
	设备送修服务费	10
主机日常检修	备件及服务费用	20

每年节省相关机械设备的日常维保送修费用约 67 万，费用详细如下表所示：

表 4 公用维保费用表

设备名称	费用明细	
	日常备件消耗（万）	设备送修费用（万）
主海水泵/马达	4	15
造水机/马达	15	5
K-661 空压机	10	5
生产水泵/马达	8	5
空调压缩机	0	0
电潜泵变频器（油井降频）	0	0

1、三台发电机运行，可延长发电机维保周期，每年折合节约备件费和人员服务费约 143.5 万元；

2、减少一台原油发电机运行，每天可节省原油消耗约 5m³，相当于平台增产 30 桶原油，每年增收 480 万；

3、电力系统继电保护装置升级改造、大功率设备软启动改造、谐波专项治理等直接经济效益 80 万元；

4、停用部分公用设备，每年折合节约备件费约 67 万元；

5、减少透平使用时间，节省柴油约 1527.54 吨，约 1280.6 万元。

2023年实际消耗数据表

年度计划分月	柴油 (吨)	自耗天然气 (万方)	重油 (吨)	输入电量 (KWH)	放空天然气 (万方)	综合能耗 (吨标准煤)有限口径	综合能耗 (吨标准煤)有限口径累计
1月	254.80	0	0	2878026		1233.43	1233.43
2月	1.60	0	0	2484800		827.72	2061.15
3月	7.28	0	0	2783100		937.87	2999.02
4月	226.62	0	0	3000145		1247.03	4246.04
5月	408.14	0	0	3410750		1509.48	5755.52
6月	300.39	0	0	2984641		1347.90	7103.42
7月	57.86	0	0	1909520		678.58	7782.00
8月	84.72	0	0	2190300		804.47	8586.47
9月	31.70	0	0	1812900		646.49	9232.96
10月	43.39	0	0	1598780		591.63	9824.59
11月	83.04	0	0	2249483		1216.29	11040.89
12月	174.81	0	0	2556562		1607.80	12648.69
总计	1674.35	0	0	29859007			

2024年实际消耗数据表

年度计划分月	柴油 (吨)	自耗天然气 (万方)	重油 (吨)	输入电量 (KWH)	放空天然气 (万方)	综合能耗 (吨标准煤)有限口径	综合能耗 (吨标准煤)有限口径累计
1月	30.23	0	0	2425900		809.19	809.19
2月	2.30	0	0	2278000		774.67	1583.86
3月	8.02	0	0	2632100		902.63	2486.49
4月	9.60	0	0	2646900		911.15	3397.64
5月	8.32	0	0	2638600		895.07	4292.71
6月	6.20	0	0	2284600		942.21	5234.92
7月	6.62	0	0	2454300		988.59	6223.51
8月	9.70	0	0	2382300		989.68	7213.20
9月	33.49	0	0	1792200		852.09	8065.28
10月	18.04	0	0	2049800		942.60	9007.89
11月	4.02	0	0	2117500		1140.67	10148.55
12月	10.27	0	0	1995304		1183.96	11332.51
总计	146.81			27687504			

图 10 2023 年与 2024 年柴油消耗对比

（二）节能减排

节能计算：

通过对比 2023 年与 2024 年同时期即相同工况下发电机油耗即可得知主机“3 用 1 备”运行项目实施后实际节能（见图 10）为：

12648.69-11332.51=1316.18 吨标煤。

如果按照停 1 台海水泵、1 台造水机、2 台空调压缩机、及井口管汇区电伴热，一年可降低 646KW*24*360=5581440KWH，换算成标准煤，每年可节约：5581440*0.000129=720 吨。

两项每年共计：1316.18+720=2036.18 吨标煤。

（三）综合效益计算

2024 年“3 用 1 备”主机运行总平均功率约为 3300KW，那么实际“3 用 1 备”运行降低功率约为 900KW。

（四）设备运行效率

单台原油发电机负荷率提升到 76%，实现了发电机“4 用 0 备”到“3 用 1 备”，极大的提升了现场设备应急储备能力。

（五）人才培养及推广价值

减少设备使用数量，减轻设备维修工作量，锻炼了团队技术攻坚和团队凝聚力，为后期人员减少提供实践经验。

结论

陆丰 13-1 平台电力系统稳定性、可靠性优化提升是一套由底层创新角度出发的从发电机到电网到用户端的一整套基础提升方案，可广泛应用于各个设施，对海上设施设备运行效率、稳定性、节能降碳等方面都具有较大指导意义。

【参考文献】

[1]李新和主编.机械维修工程学.机械工业出版社，2010

[2]龙可军,李兴宇.某综合试验船电力系统设计[J].广东造船, 2022, 41(4): 50-52.

[3]卢时俊.船舶电力系统主要设计计算要点[J].机电设备, 2021, 38(3): 101-105.